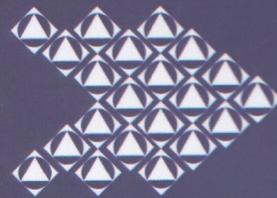
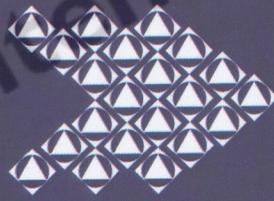
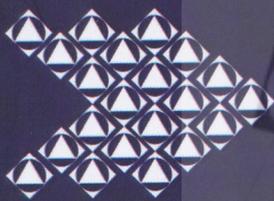




rekayasa

Jurnal Teknologi
Institut Teknologi Nasional - Bandung



Tinjauan Potensi Timbulan Kondensat AC sebagai Sumber Alternatif dalam Konservasi Air

Dyah Asri Handayani Taroepratjeka

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Lingkungan, ITENAS, Bandung

Email: dyahasri@itenas.ac.id

ABSTRAK

Perubahan iklim yang mengakibatkan periode musim kemarau yang lebih panjang dan lebih ekstrem, menyebabkan sebagian besar masyarakat mengalami kesulitan untuk mendapatkan air bersih di musim kemarau. Dalam kondisi seperti inilah air dengan kualitas air minum dirasakan sangat berharga, dan tidak sepatutnya digunakan untuk keperluan yang tidak mensyaratkan kualitas air minum, seperti untuk menyiram kebun dan tanaman atau menggelontor toilet. Pemanfaatan kembali greywater, atau air bekas memegang peranan penting dalam konservasi air. Dibandingkan dengan sumber air bekas lainnya, yaitu dari wastafel, air bekas mandi, dan air bekas wudhu, maka kondensat AC memiliki kelebihan dari segi kualitas karena proses kondensasi yang dialaminya. Hal ini disebabkan air tersebut telah terdestilasi ketika terbentuk pada koil kondensat AC. Tujuan dari makalah ini adalah untuk membandingkan potensi pemanfaatan kembali timbulan kondensat AC selain mengidentifikasi ruang lingkup (scope) yang tersedia bagi penelitian lanjutan. Hasil yang diperoleh adalah potensi penggunaan kembali timbulan kondensat AC pada bangunan komersil dengan luas bangunan di atas sekitar 9.280 m². Penelitian lebih lanjut untuk kuantifikasi timbulannya terkait pemenuhan salah satu persyaratan Bangunan Hijau adalah dengan melakukan penelitian lebih rinci terhadap parameter yang mempengaruhi timbulan kondensat AC. Sehingga, penerapan pengumpulan dan pemanfaatan ulang kondensat AC di bangunan komersil di Indonesia sebagai salah satu upaya konservasi air dapat dilakukan. Hal ini sangat berkontribusi dalam upaya konservasi terhadap penggunaan air bersih.

Kata kunci: konservasi air, kondensat AC, greywater, bangunan hijau

ABSTRACT

Climate change has induced longer and more extreme dry seasons, creating water stress for most people living in urban area. During the condition, potable water become a rare commodity, which will be wasteful to used for other needs, such as landscape irrigation or toilet flushing. Thus, greywater reuse holds an important part in water conservation. Compared to other sources of greywater, such as washbasins, showers, and water used for ablutions, condensate from air conditioning system has an advantage in quality, because it's distilled, pure water when it forms on A/C condensate coils. The aim of this paper is to compare the potentials of reusable A/C condensate generation and to identify further scope for research. The result is condensate from air conditioning system has the promising potential as greywater source alternative for commercial building with approximately over 9.280 m² area. Further work that can be done is by more thorough research of paramaters contributing to A/C condensate generation to provide applicable data in A/C condensate collection and reuse in commercial buildings in Indonesia. This will contribute tremendously in clean water conservation.

Keywords: water conservation, A/C condensate, greywate, green building

1. PENDAHULUAN

Banyaknya penduduk yang tinggal di daerah perkotaan diiringi dengan alih fungsi daerah resapan air, perubahan iklim yang mengakibatkan periode musim kemarau yang lebih panjang dan lebih ekstrem, menyebabkan berkurangnya cadangan air tanah. Hal ini menyebabkan mayoritas masyarakat mengalami kesulitan untuk mendapatkan air bersih di musim kemarau.

Dalam kondisi keterbatasan air bersih seperti inilah, air dengan kualitas air minum dirasakan sangat berharga dan tidak sepatutnya digunakan untuk keperluan yang tidak mensyaratkan kualitas air minum, seperti untuk menyiram kebun dan tanaman atau menggelontor toilet. Di sinilah sumber air alternatif dapat membantu memenuhi kebutuhan air untuk aktivitas sehari-hari, selain air minum, di musim kemarau.

Greywater atau air bekas, adalah istilah yang digunakan untuk air buangan dari perumahan yang tidak mengandung kotoran manusia dan juga buangan dapur. Air bekas ini, setelah melewati unit pengolahan sesuai dengan kualitasnya, memiliki potensi pemanfaatan kembali untuk mengurangi pemakaian air bersih, terutama untuk keperluan pembilasan toilet dan peturasan, penyiraman kebun, pencucian mobil, dan sistem pemadaman kebakaran. Dibandingkan dengan sumber air bekas lainnya, yaitu dari wastafel, air bekas mandi, dan air bekas wudhu, kondensat AC memiliki kelebihan dari segi kualitas karena proses kondensasi yang dialaminya, di mana air telah terdestilasi dan dalam bentuk murni ketika terbentuk pada koil kondensat pada AC atau *air handler*. Namun, air tersebut bisa terkontaminasi bakteri saat pembentukan dan penyaluran [1].

Pemanfaatan kondensat AC sebagai sumber *greywater* telah diterapkan di beberapa bangunan di San Antonio, Texas, antara lain pada pusat perbelanjaan dan perpustakaan, juga di bandara udara Bahrain [1]. Pengumpulan kondensat ini sering dikombinasikan dengan pemanenan air hujan, yang lazim disebut sebagai *rainwater plus*. Menurut Guz seperti dikutip oleh Wilson [2], pemanfaatan tangki penampung air hujan di San Antonio untuk keperluan di musim kemarau sangat berperan besar. Karena produksi kondensat relatif tunak, dan meningkat saat cuaca semakin panas, maka tangki penyimpanan dengan ukuran lebih kecil sudah memadai.

Kondensat AC sendiri merupakan produk sampingan dari sistem pendinginan yang bergantung kepada koil penguapan (*evaporator coils*) di mana di dalamnya cairan refrigeran berubah fasa dari cair ke uap, pada saat proses pendinginan koil.

Udara setelah masuk melewati koil akan menjadi lebih dingin dan menyebabkan kelembaban udara terkondensasi pada koil-koil tersebut. Selang pembuangan kondensat akan membawa air yang terbentuk tersebut, selanjutnya dibuang ke selokan [2].

Untuk mengetahui potensi timbulan kondensat *Air Conditioner* yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber air alternatif, maka diperlukan studi untuk mengidentifikasi mengenai jumlah timbulannya. Tujuan dari makalah ini adalah untuk membandingkan potensi timbulan kondensat AC yang dapat dimanfaatkan kembali yang telah diteliti dalam empat tugas akhir mahasiswa Teknik Lingkungan ITENAS pada kurun waktu 2014- 2015 beserta beberapa penelitian lainnya, dan juga untuk mengidentifikasi ruang lingkup (*scope*) yang tersedia bagi penelitian lanjutan.

2. METODOLOGI

Pada kurun waktu 2014-2015, empat orang mahasiswa yang melakukan perencanaan sistem instalasi air buangan pada mata kuliah Tugas Akhir di Jurusan Teknik Lingkungan ITENAS, diminta untuk mengumpulkan data timbulan kondensat AC sebagai alternatif sumber *grey water*. Pemanfaatan kondensat AC sebagai sumber air alternatif dalam upaya konservasi air merupakan salah satu aspek

yang diperhatikan dalam persyaratan untuk penilaian suatu bangunan sebagai Bangunan Hijau (*Green Building*) [3]. Sehingga perencanaan sistem plambing pada bangunan yang memperhitungkan sumber air alternatif dan juga jaringan pipa pengumpul kondesat, diharapkan dapat memberikan nilai tambah bagi bangunan tersebut.

Pengumpulan data timbulan kondesat AC ini merupakan hal yang baru dilakukan sebagai pelengkap perencanaan sistem plambing bangunan dan bukan merupakan fokus utama dalam tugas akhir tersebut. Sehingga, belum digunakan metode standar yang menjadi acuan dalam pengukuran yang dilakukan. Studi literatur yang dilakukan untuk mencari metode standar acuan dalam pengukuran timbulan kondesat masih belum menunjukkan hasil yang memuaskan, karena kebanyakan pengukuran kondesat masih dilakukan dalam tahap penelitian awal dan belum memiliki standar yang baku.

Metode yang dilakukan adalah dengan melakukan pengukuran secara langsung di lapangan. Alat yang digunakan berupa wadah penampung dengan volume tertentu yang dipasang pada ujung selang kondesat AC selama jangka waktu tertentu (1-3 jam), kemudian air yang tertampung diukur volumenya dengan gelas ukur dan dihitung berapa waktu yang dibutuhkan untuk mengisi wadah dengan menggunakan *stopwatch*. Perhitungan debit keseluruhan yang diperoleh akan dihitung berdasarkan asumsi jam operasional penggunaan AC (10-24 jam) per harinya. Sesuai dengan jenis AC yang banyak digunakan di unit apartemen maupun hotel di Indonesia, pengukuran dilakukan terhadap jenis AC *single split* dengan kapasitas 0,5 PK (1.254,81 BTU/jam), $\frac{3}{4}$ PK (1.882,22 BTU/jam), 1 PK (2.509,63 BTU/jam), dan 2 PK (5.019,25 BTU/jam).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Timbulan kondesat AC terbesar diperoleh dari pengamatan oleh Putrianti, yaitu sebanyak 40 L/hari [4]. Pengamatan oleh Hermansyah memberikan hasil sebanyak 10 L/hari [5], diikuti dengan Putinila sebesar 6,8 L/hari [6], dan Reza sebanyak 5 L/hari [7]. Studi yang paling mendetail dilakukan oleh Putinila, di mana air kondensasi AC ditampung dalam waktu 3 jam pada saat suhu terpanas (12.00-15.00) untuk beberapa lokasi. Tabel 1 menunjukkan hasil yang diperoleh dalam penelitian oleh Putinila [6].

Tabel 1. Hasil pengumpulan timbulan kondesat AC

Kapasitas AC (PK)	Jumlah Lokasi	Nilai Rata-Rata (mL)
$\frac{1}{2}$	3	2.210,3
$\frac{3}{4}$	1	1.070
1	4	1.518
2	2	3.369,5

Sumber: [6]

Dari 10 lokasi yang diamati, diperoleh debit rata-rata kondesat AC sebesar 0,68L/jam. Diasumsikan bahwa jam efektif pemakaian AC di hotel adalah selama 10 jam, sehingga debit untuk 1 unit AC yang dihasilkan adalah 6,8 L/hari [6].

Beberapa penelitian yang telah dilakukan di Amerika Serikat menunjukkan timbulan kondesat AC yang cukup bervariasi. Penelitian yang dilakukan oleh Danley & McCreanor [8] yang dilakukan pada sebuah rumah di Macon di negara bagian Georgia Amerika Serikat, dengan menggunakan *tipping bucket rain gauge* menunjukkan 112 liter air kondesat dapat dikumpulkan dan digunakan setiap minggunya untuk irigasi taman (16 L/hari). Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Drinkwine, Sovocool, & Morgan dari *Southern Nevada Water Authority*, memberikan kesimpulan bahwa rata-rata 0,5 galon kondesat per hari (1,89L/hari) dapat dihasilkan dari pemakaian AC di perumahan pada saat

musim yang membutuhkan pemakaian AC di dalam rumah. Volume ini sangat bervariasi antar lokasi penelitian (terdapat 18 lokasi), dengan minimum 0,05 gallon per hari (0,189L/hari) dan maksimum 1,36 gallon per hari (5,148 L/hari), dengan standar deviasi 0,47. Digunakan alat pengamatan *tipping bucket rain gauge* dengan *on board dataloggers*, yang dilengkapi juga dengan *datalogger* kecil yang mencatat temperatur dan kelembaban nisbi untuk memberikan korelasi antara cuaca dan air yang dihasilkan. Penelitian dilakukan selama satu tahun (Juli 2010-Oktober 2011)[9].

Volume kondensat yang terkumpul akan mempengaruhi biaya pipa dan instalasi sistem pengumpul kondensat AC. Secara umum, sumber dengan timbulan air yang kecil akan membuat biaya pemasangan menjadi kurang ekonomis dibandingkan dengan manfaat yang dapat diperoleh [9]. Lebih lanjut, penelitian oleh Guz menyebutkan bahwa biasanya bangunan dengan luas di atas sekitar 9.280 m² yang dapat menjustifikasi biaya pengumpulan kondensat, baik untuk keperluan menara pendingin (*cooling towers*) atau keperluan penyiraman tanaman[1]. Kesimpulan ini didasari dari pengamatan bahwa laju timbulan kondensat untuk bangunan yang besar pada musim panas adalah 0,1 hingga 0.3 liter per kW AC untuk setiap jam di mana sistem pendinginan dioperasikan. Produksi puncak kondensat pada musim panas dapat diasumsikan sekitar 6 hingga 6 mL/detik/1.000 m² area yang didinginkan. Ketika formula (ton kapasitas) (faktor beban) (0,2 galon) = ____ produksi kondensat dalam galon per jam diaplikasikan untuk kapasitas perencanaan untuk beberapa bangunan komersial, diperoleh bahwa hanya bangunan dengan luas di atas sekitar 9.280 m² yang cukup ekonomis dalam biaya pengumpulan kondensat terhadap pemanfaatannya [1].

Sebagai pembanding, proyek penangkapan kondensat AC di San Antonio, Texas, menunjukkan bahwa 250 galon (946L) kondensat dihasilkan setiap harinya oleh pusat perbelanjaan di kota, dan sebuah perpustakaan pusat menghasikan 1 GPM (5.450,99 liter/hari). *Bahrain Airport Services* menggunakan 2,3 juta gallon per tahun (8,7 juta liter) per tahun (24.082, 19 liter/hari) air kondensat untuk berbagai keperluan, seperti penggelontoran toilet, pencucian, dan penyiraman tanaman [1].

Kualitas kondensat AC dan peruntukkan pemanfaatan kembali juga menentukan pengolahan yang dibutuhkan. Tanpa pengolahan lebih lanjut, kondensat AC terutama sangat sesuai untuk kebutuhan menara pendingin (*cooling tower*) karena kandungan mineralnya yang rendah. Selain itu, kondensat AC juga dapat dimanfaatkan untuk irigasi taman, ataupun ditampung dalam kolam-kolam dekoratif dan air mancur [1]. Penelitian yang dilakukan oleh Drinkwine, Sovocool, & Morgan menganalisis kualitas kondensat AC yang dikumpulkan dari 10 lokasi penelitian timbulan kondensat pada perumahan *single family residential* di Nevada Selatan dengan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 2 [9].

Selain itu, timbulan air kondensat yang tidak termineralisasi, mengakibatkan air bersifat agresif, di mana terjadi pembentukan asam karbonat (H₂CO₃) dari hasil reaksi air yang sangat murni dengan karbon dioksida (CO₂) di atmosfer. Hal ini menyebabkan pelepasan logam dari komponen AC yang berkontak dengan air tersebut [9]. Dari segi parameter biologis, 7 lokasi menunjukkan hasil yang positif untuk uji toksisitas *Daphnia* dan hasil yang negatif untuk *Legionella*. Tujuh lokasi tersebut juga memberikan hasil di bawah 0,5 ppb untuk *Algal Toxin Value test*. Sebanyak 5 lokasi menunjukkan hasil negatif untuk *Stachbotrys chartara* (jamur hitam yang menyebarkan mikotoksin). Tiga lokasi menunjukkan hasil yang positif untuk spora *Histoplasma*, dan 2 lokasi menunjukkan hasil yang positif untuk spora *Scytilidium*. Meskipun spora dari kedua jenis jamur yang ditemukan bisa menyebabkan masalah kesehatan jika terhirup dalam bentuk debu, keberadaannya di dalam air bukanlah ancaman yang berbahaya. Resiko terhadap paparan spora jamur jauh lebih besar berasal dari angin yang berhembus melalui pintu, jendela, dan kebocoran, dibandingkan saluran pipa kondensat. Air kondensat terbukti bisa menjadi sumber air tambahan yang baik bagi sejumlah kecil koleksi tanaman [9].

Pemodelan regresi multivariat yang dilakukan oleh Drinkwine, Sovocool, & Morgan menyimpulkan bahwa cuaca, usia bangunan rumah, jumlah unit AC, jumlah penghuni rumah, dan jumlah kamar tidur di dalam rumah, waktu yang terpakai untuk mandi, partisipasi dalam program *Cool Share* dan seberapa banyak orang mendinginkan rumah mereka sebagai variabel yang berpengaruh dalam

timbulan kondensat AC [9]. Program *Cool Share* adalah program penghematan energi yang dilakukan oleh NVEnergy, di mana para partisipan menerima termostat yang dapat diprogram ataupun *Digital Control Unit* (DCU) untuk menginisiasikan program penghematan energi pada saat terjadi beban energi puncak. Ketika terjadi beban energi puncak, NVEnergy akan mengirimkan sinyal kepada termostat atau DCU untuk menaikkan temperatur sebanyak 4 derajat Fahrenheit atau mengatur siklus di kompresor AC untuk menyala dan mati saat terjadi kegiatan energi [10]. Kelembaban nisbi udara juga menjadi faktor yang berpengaruh terhadap timbulan kondensat, di mana kelembaban nisbi udara luar di atas 90% seperti yang ditunjukkan oleh data 5 tahun berturut-turut pada Juni-Juli 2007-2011 di Uni Emirat Arab, menjadi faktor penyebab timbulan air kondensat AC yang signifikan[11].

Tabel 2. Kualitas kondensat AC

Parameter	Satuan	Nilai Minimum	Nilai Rata-Rata	Nilai Maksimum	Standar Deviasi	N
Alkalinitas, HCO ₃	mg/L	0	23,363	62,9	20,86	10
Alkalinitas, Total	mg/L	8,53	33,376	62,9	16,211	10
Konduktivitas	mg/L	137	256	426	94,479	10
Kesadahan, Total	mg/L	0,35	4,303	9,6	3,68	10
Orthofosfat sebagai P	mg/L	0,001	0,002	0,003	0,00125	10
pH		4,36	5,025	6	0,5	10
TDS	mg/L	28,8	44,34	88,4	20,7	10
Suhu	°C	21	21,471	22,1	0,386	7
Alumunium	mg/L	0,97	6,677	8,3	5,985	10
Tembaga	mg/L	0,083	1,328	4,5	1,416	10
Seng	mg/L	0,068	2,069	9,100	2,865	10

Sumber: [9]

Sebuah konsultan di San Antonio, Texas, Amerika Serikat, telah mengembangkan “Condensate Calculator” untuk memperkirakan aliran kondensat yang dapat ditampung untuk penggunaan kembali [12]. Pada “Condensate Calculator” tersebut, dihitung timbulan kondensat berdasarkan suhu dan kelembaban nisbi udara di luar ruangan, suhu dan kelembaban udara nisbi dalam ruangan, *tonnage of system* AC, dan persentase udara luar yang masuk ke dalam ruangan. Namun, apabila kalkulator tersebut akan diterapkan untuk perhitungan timbulan kondensat AC di Indonesia, dibutuhkan peninjauan dan perbandingan kesesuaian terlebih dahulu. Hal ini dikarenakan oleh kebiasaan pemakaian AC di Amerika Serikat di mana lebih lazim digunakan jenis AC sentral pada bangunan komersil dibandingkan jenis *single split* yang lebih banyak digunakan di sebagian bangunan perkantoran, apartemen, bahkan hotel di Indonesia. Sehingga, jenis AC yang digunakan juga cukup berperan dalam menentukan kuantitas kondensat yang dihasilkan.

4. SIMPULAN DAN SARAN

Timbulan kondensat AC memiliki potensi yang menjanjikan sebagai alternatif sumber *greywater* bagi bangunan komersil dengan luas bangunan di atas 9.280 m². Penelitian lebih lanjut untuk kuantifikasi timbulannya dengan perencanaan penelitian yang lebih seksama dan pengukuran parameter-parameter yang terkait dengan menggunakan alat yang lebih sesuai, memberikan peluang yang menjanjikan bagi penerapan pengumpulan dan pemanfaatan ulang kondensat AC di bangunan komersil di Indonesia, di mana sumber air alternatif merupakan

salah satu aspek yang dipertimbangkan dalam konservasi air untuk Bangunan Hijau. Hal ini sangat berkontribusi dalam melakukan konservasi terhadap penggunaan air bersih.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Guz, K. (2005). Condensate Water Recovery. *American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc.*, 54-56.
- [2] Wilson, A. (2008, 5). *Alternative Water Sources: Supply-Side Solutions for Green Building*. Diunduh 3 11, 2015, dari Environmental Building News: <https://www2.buildinggreen.com/article/alternative-water-sources-supply-side-solutions-green-buildings>
- [3] *Green Building Council Indonesia*. (2015). Diunduh 9 Desember, 2015, dari www.gbcindonesia.org: <http://www.gbcindonesia.org/>
- [4] Putrianti, D. A. (2015). *Perencanaan Instalasi Plambing Air Buangan dan Identifikasi Potensi Greywater Gedung Newton Residence*. Bandung: Jurusan Teknik Lingkungan ITENAS.
- [5] Hermansyah, M. R. (2015). *Perencanaan Sistem Plambing Air Buangan dan Sistem Pemanfaatan Air Hujan Gedung Park View Hotel dan Restoran*. Bandung: Jurusan Teknik Lingkungan ITENAS.
- [6] Putinila, N. A. (2015). *Perencanaan Sistem Instalasi Plambing Air Bersih dengan Konsep Green Building di Hotel Poin, Bandung*. Bandung: Jurusan Teknik Lingkungan, ITENAS.
- [7] Reza, S. K. (2015). *Perencanaan Sistem Plambing Air Buangan Hotel Tebu*. Bandung: Jurusan Teknik Lingkungan ITENAS.
- [8] Danley, B., & McCreanor, P. (2014). Design and Monitoring of a Residential AC Condensate Collection System. *ASEE Southeast Section Conference*. American Society for Engineering Education.
- [9] Drinkwine, M., Sovocool, K., & Morgan, M. (2012). *Like Water From Air! SNWA Air Conditioner Condensate Study*. Retrieved 12 9, 2015, dari Water Smart Innovations: <http://www.watersmartinnovations.com/documents/pdf/2012/sessions/12-T-1206.pdf>
- [10] NVEnergy. (2015). *Cool Share for Southern Nevada*. Diunduh 9 12, 2015, dari NVEnergy: <https://www.nvenergy.com/home/saveenergy/rebates/coolshare.cfm>
- [11] Khan, S. A. (2013). Conservation of Potable Water Using Chilled Waste Condensate from Air Conditioning Machines in Hot & Humid Climate. *International Journal of Engineering and Innovative Technology*, 183-188.
- [12] Wilcut, E., & Fry, E. (2010). *Air Conditioning Condensate Calculator*. Diunduh 3 11, 2015, dari Building Green: http://www.buildinggreen.com/calc/calc_condensate.cfm